

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-201106

(43)Date of publication of application : 18.07.2000

(51)Int.Cl. H04B 10/02  
H04B 10/18  
H04J 14/00  
H04J 14/02

(21)Application number : 11-000410

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 05.01.1999

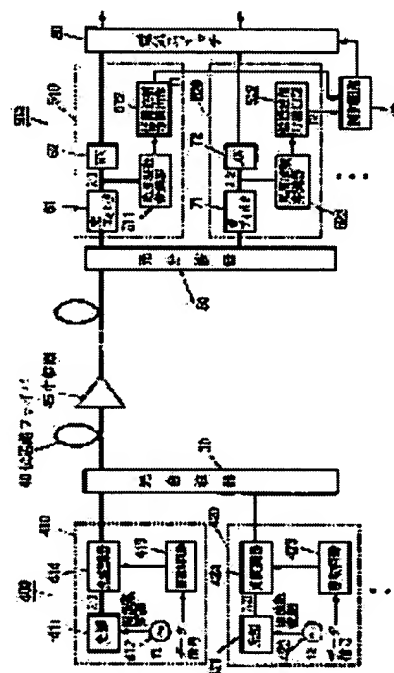
(72)Inventor : SATO HIDEAKI

## (54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress effect on optical transmission signals when a channel is identified for the multiplexed transmission signals by outputting the optical signal of every channel based on the low frequency signal that is detected out of a frequency modulating component.

**SOLUTION:** The optical signal of wavelength  $\lambda_1$ , which has been frequency modulated at a light source 411 by the low frequency  $f_1$  sent from a low frequency signal source 412, is modulated by an optical modulator 414 of an optical transmitter 410 and outputted to an optical multiplexer 30. Then the optical signal is demultiplexed by an optical demultiplexer 50 and transmitted through an optical filter 61 of an optical receiver 510. The frequency modulating component that is superimposed on the optical signal of every channel is detected by an optical frequency discriminator 511, and a low frequency signal is extracted at a low frequency signal detection part 512 and sent to a control circuit 90. The circuit 90 controls an electric switch 80 to output the electric signals which are reproduced by the optical receivers (RX) 62 and 72 to a prescribed output destination, based on the signals received from the low frequency signal detection parts 512 and 522.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-201106  
(P2000-201106A)

(43)公開日 平成12年7月18日(2000.7.18)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	M 5 K 0 0 2
	10/18		E
H 0 4 J 14/00			
	14/02		

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平11-410

(22)出願日 平成11年1月5日(1999.1.5)

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 佐藤 秀暁

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(74)代理人 100083840

弁理士 前田 実

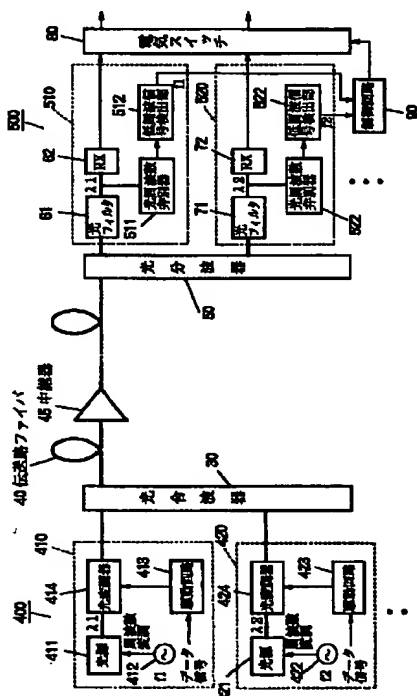
Fターム(参考) 5K002 AA02 AA04 BA05 CA15 DA02  
FA01 GA01

(54)【発明の名称】 光伝送システム

(57)【要約】

【課題】 多重化された光信号のチャンネル識別を行うときに光送出信号に与える影響を抑えることができ、伝送路光ファイバへの入力電力が高い場合でも、SBSを抑制することができる光伝送システムを提供する。

【解決手段】 光伝送システムは、各光源の波長毎に異なる低周波数信号で周波数変調される波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光源411、421、低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ を発生する低周波信号源412、422、駆動回路413、423及び光変調器414、424からなる複数の光送信器410、421と、光信号を波長多重する光合波器30と、光信号を送信の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、…に分波する光分波器50と、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光信号を透過させる光フィルタ61、71、光信号を受光し電気信号へと再生するRX62、72、光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511、521及び重畳された低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 成分のみを検出する低周波信号検出部512、522からなる複数の光受信器510、520とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源に各光源の波長毎に異なる低周波数信号で周波数変調または位相変調を与える手段を有し、前記光源の波長が各々異なる複数の光送信器と、前記複数の光送信器からの光信号を波長多重する手段と、

前記波長多重された光信号を分岐する手段と、前記分岐された光信号から前記位相変調成分または前記周波数変調成分を検出する手段と、

前記位相変調成分または前記周波数変調成分から前記低周波信号を検出する手段と、

前記低周波信号検出手段の出力に基づいて各チャネルの光信号を、所定の出力先に出力する手段とを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 複数の光信号チャネルを時分割多重する光時分割多重手段と、

前記各光信号チャネルを識別するための識別情報として各チャネルの光信号に各々互いに異なる周波数で位相変調を与える手段と、

前記時分割された光信号から前記位相変調成分を検出する手段と、

前記位相変調成分から低周波信号を検出する手段と、

前記低周波信号検出手段の出力に基づいて各チャネルの光信号を、所定の出力先に出力する手段とを備えたことを特徴とする光伝送システム。

【請求項 3】 前記波長多重された光信号が伝送路ファイバへ入力される際の光電力が、誘導ブリルアン散乱を生じさせるほど大きい場合、該誘導ブリルアン散乱を生じないように、前記周波数変調または位相変調の周波数及び変調レベルを最適化したことを特徴とする請求項 1 または 2 の何れかに記載の光伝送システム。

【請求項 4】 伝送路ファイバへの入力光電力と伝送路ファイバからの反射光電力を各チャネルの波長毎にモニタする手段と、

前記モニタ手段の出力に基づいて誘導ブリルアン散乱を生じないように、前記位相変調または周波数変調の周波数及び変調レベルを最適化する制御手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の光伝送システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光多重伝送システムに関し、特に、誘導ブリルアン散乱（SBS：Stimulated Brillouin Scattering）の影響を抑えるべく光源に加える微小な周波数変調信号を用いて、多重化された光信号のチャネル識別を可能にする光伝送システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】最近、画像情報等の伝送すべきデータ量が増えており、それらを多重化して伝送する光伝送シ

テムも益々大容量化の需要が高まっている。

【0003】今までは光信号の変復調速度を上げることによって大容量化を実現してきたが、変復調を行うための IC や光素子の高速化が困難になってきた。光伝送システムの容量は  $40\text{G} \sim 1\text{Tbit/s}$  が要求されるのに対して、前述の変復調速度は  $10 \sim 20\text{Gbit/s}$  までが実用レベルであり、この問題を解決するのは、光領域での多重化技術が有効で、学会レベルでは多数提案されている。

【0004】光領域での多重化技術には 2 つあり、1 つは波長の異なる光信号を多重する波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）、もう 1 つは時間軸上で光信号を多重する光時分割多重（OTDM：Optical Time Division Multiplexing）である。

【0005】最近では、更に踏み込んで、各光信号にチャネル識別するための識別情報を付与する手段を有する送信器と、受信後に光信号に含まれる識別信号を抽出する識別情報識別回路及び、その識別信号により各光信号を所定の出力先に出力する手段を有する受信器とから構成される光伝送システムが提案されている。例えば、このような光伝送システムとしては、特開平 8-321805 号公報に開示されたものがある。

【0006】図 8 は従来の WDM による光伝送システムの構成を示す図である。

【0007】図 8 において、光送信装置 100 は、波長が各々異なる複数の光送信器 10、20、及び複数の光送信器 10、20 からの光信号を波長多重して伝送路ファイバ 40 に送出する光合波器 30 から構成される。

【0008】光送信器 10 は、波長  $\lambda 1$  の光源 11 と、周波数  $f 1$  の低周波数を発生する発振器 12 と、入力されたデータ信号を周波数  $f 1$  の低周波数で振幅変調する駆動回路 13 と、光源 11 からの光信号を駆動回路 13 の出力信号により変調する光変調器 14 とから構成される。同様に、光送信器 20 は、波長  $\lambda 2$  の光源 21 と、周波数  $f 2$  の低周波数を発生する発振器 22 と、入力されたデータ信号を周波数  $f 2$  の低周波数で振幅変調する駆動回路 23 と、光源 21 からの光信号を駆動回路 23 の出力信号により変調する光変調器 24 とから構成される。以下同様に、光送信装置 100 は、各波長毎に異なる周波数で振幅変調された光チャネルを複数備える。

【0009】光合波器 30 は、波長が各々異なる複数の光送信器 10、20 からの光信号を波長多重して伝送路光ファイバ 40 に送出する。

【0010】伝送路光ファイバ 40 には、線形中継器 45 が設置され、中継器 45 を介して伝送される。中継器 45 としては、最近実用化されているエルビウムドープ光ファイバ増幅器（EDFA：Erbium-Doped Fiber Amplifier）が使用される。

【0011】また、光受信装置 200 は、伝送された光信号を送信の波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、…に分波する光分波器 5

## 3

0、分波された各々の波長成分を受光する複数の光受信器 60、70、複数の光受信器 60、70 からの受信信号を電気的に切り替える電気スイッチ 80、及び複数の光受信器 60、70 からの検出信号を基に電気スイッチ 80 を制御する制御回路 90 から構成される。

【0012】光受信器 60 は、波長  $\lambda 1$  の光信号を透過させる光フィルタ 61 と、波長  $\lambda 1$  の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器 (RX) 62 と、光フィルタ 61 からの光信号の一部を光/電気 (O/E) 変換して受光する光/電気変換器 (O/E) 63 と、O/E 63 出力から前記振幅変調の周波数  $f 1$  成分のみを検出する低周波信号検出部 64 とから構成される。同様に、光受信器 70 は、波長  $\lambda 2$  の光信号を透過させる光フィルタ 71 と、波長  $\lambda 2$  の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器 (RX) 72 と、光フィルタ 71 からの光信号の一部を光/電気変換して受光する O/E 73 と、O/E 73 出力から前記振幅変調の周波数  $f 2$  成分のみを検出する低周波信号検出部 74 とから構成される。このように、光受信装置 200 は、各波長毎に異なる周波数で振幅変調された光信号を分波して、各波長の光信号、及び振幅変調の周波数成分を検出するチャンネルを複数備える。

【0013】制御回路 90 は、低周波信号検出部 64、74 からの信号に従い、光受信器 (RX) 62、72 で再生された電気信号を所定の出力先に出力するように電気スイッチ 80 を制御する。なお、必要に応じて出力先を変更するようにしてもよい。

【0014】上記 WDM による光伝送システムの動作を説明する。

【0015】まず、駆動回路 13 では、入力されたデータ信号を周波数  $f 1$  の低周波数で振幅変調し、この振幅変調したデータ信号を光変調器 14 に出力する。光変調器 14 では、波長  $\lambda 1$  の光源 11 からの光信号を、駆動回路 13 を介して入力された駆動信号により変調し光合波器 30 に出力する。同様に、駆動回路 23 では、入力されたデータ信号を周波数  $f 2$  の低周波数で振幅変調し、この振幅変調したデータ信号を光変調器 24 に出力する。光変調器 24 では、波長  $\lambda 2$  の光源 21 からの光信号を、駆動回路 23 を介して入力された駆動信号により変調し光合波器 30 に出力する。

【0016】以後、各波長毎に異なる周波数で振幅変調された光信号は、光合波器 30 に入力され、光合波器 30 では、これら波長  $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、…の光信号を波長多重して伝送路ファイバ 40 に送出する。伝送路光ファイバ 40 へと送出された光信号は、中継器 45 を介して光受信側に伝送される。

【0017】伝送された光信号は、まず光分波器 50 により分波される。光フィルタ 61 では、波長  $\lambda 1$  の光信号を透過させ、光受信器 62 により電気信号へと再生される。光フィルタ 61 からの光信号の一部は、O/E 6

## 4

3 により電気信号に変換され、低周波信号検出部 64 はその電気信号から前記振幅変調の周波数  $f 1$  成分のみを検出して制御回路 90 に出力する。

【0018】以上と同様の機能を各波長の光チャンネル毎に有しており、各波長毎に電気信号を再生するとともに、重畳された低周波信号を検出する。

【0019】制御回路 90 では、低周波信号検出部 64、74 からの信号に従い、光受信器 (RX) 62、72 で再生された電気信号を所定の出力に出力するように電気スイッチ 80 を制御する。

【0020】図 9 は従来の OTDM による光伝送システムの構成を示す図であり、前記図 8 と同一構成部分には同一符号を付している。

【0021】図 9 において、光送信装置 110 は、光源 11、各チャンネルの伝送速度と同じ周波数  $f 0$  の周波数を発生する発振器 15、光スイッチ 16、波長が各々異なる複数の光送信器 17、27、及び複数の光送信器 17、27 からの光信号をビット多重により波長多重して伝送路ファイバ 40 に送出する光合波器 31 から構成される。

【0022】光スイッチ 16 は、波長  $\lambda 1$  の光源 11 からの光信号を、各チャンネルの伝送速度と同じ周波数  $f 0$  の正弦波またはクロック信号により変調し、1 bit の半分のパルス幅を有するパルス列を生成する。

【0023】光送信器 17 は、周波数  $f 1$  の低周波数を発生する発振器 12 と、入力されたデータ信号を周波数  $f 1$  の低周波数で振幅変調する駆動回路 13 と、光スイッチ 16 からの光信号を駆動回路 13 の出力信号により変調する光変調器 14 とから構成される。同様に、光送信器 27 は、周波数  $f 2$  の低周波数を発生する発振器 22 と、入力されたデータ信号を周波数  $f 2$  の低周波数で振幅変調する駆動回路 23 と、光スイッチ 16 からの光信号を駆動回路 23 の出力信号により変調する光変調器 24 とから構成される。

【0024】また、光受信装置 210 は、伝送された光信号を 2 分岐する光分岐器 51、周波数  $f 0$  のクロック成分を抽出するクロック抽出部 52、抽出した周波数  $f 0$  のクロック成分により入力光信号をスイッチングしてビット分離を行う光スイッチ 53、ビット分離された各々の光信号を受光する複数の光受信器 65、75、複数の光受信器 65、75 からの受信信号を電気的に切り替える電気スイッチ 80、及び複数の光受信器 65、75 からの検出信号を基に電気スイッチ 80 を制御する制御回路 90 から構成される。

【0025】光受信器 65 は、ビット分離された一方の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器 (RX) 62 と、光スイッチ 53 からの光信号の一部を光/電気変換して受光する O/E 63 と、O/E 63 出力から前記振幅変調の周波数  $f 1$  成分のみを検出する低周波信号検出部 64 とから構成される。同様に、光受信器 75

は、ビット分離された他方の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)72と、光スイッチ53からの光信号の一部を光/電気変換して受光するO/E73と、O/E73出力から前記振幅変調の周波数f2成分のみを検出する低周波信号検出部74とから構成される。

【0026】上記OTDMによる光伝送システムの動作を説明する。

【0027】発振器15では、各チャネルの伝送速度と同じ周波数f0の周波数を発生し、光スイッチ16に供給している。

【0028】波長λ1の光源11からの光信号は、各チャネルの伝送速度と同じ周波数f0の正弦波またはクロック信号により光スイッチ16を介して変調され、1bitの半分のパルス幅を有するパルス列を生成する。光スイッチ16からの光信号は2分岐され、2台の光送信器17、27へと入力される。入力された各々の光信号は、前記図8の場合と同様に駆動回路13、23を介して変調された光変調器14、24により変調される。ここで、各駆動回路13、23の駆動信号は、各波長毎に異なる周波数(発振器12からの周波数f1と、発振器22からの周波数f2)で振幅変調される。

【0029】2台の光送信器17、27からの光信号は、光合波器31によりビット多重され、前記図8の場合と同様に伝送路ファイバ40へと送出される。

【0030】伝送路ファイバ40からの光信号は、光分岐器51により2分岐され、一方は光スイッチ53に入力され、他方はクロック抽出部52に入力される。

【0031】クロック抽出部52に入力される光信号には、周波数f0のクロック成分が含まれているため、まず、クロック抽出部52において入力光信号を光電変換し、中心周波数f0のバンドパスフィルタを通すことにより周波数f0のクロック成分を抽出する。そして、抽出した周波数f0のクロック成分により、光スイッチ53において入力光信号をスイッチングする。これにより、ビット分離が可能となる。

【0032】光スイッチ53からの各光信号は、光受信器(RX)62、72で電気信号に再生されるとともに、O/E63、73及び低周波信号検出部64、74において、その一部から重畳された低周波信号を検出する。

【0033】制御回路90では、低周波信号検出部64、74からの信号に従い、光受信器62、72で再生された電気信号を所定の出力先に出力するように電気スイッチ80を制御する。この場合、必要に応じて出力先を変更するようにしてもよい。

【0034】

【発明が解決しようとする課題】しかしながらこのような従来の光伝送システムにあっては、以下に述べるような問題点があった。

【0035】すなわち、光変調器を変調するための駆動信号に低周波成分を振幅変調として重畳するため、光送信信号のアイ開口度すなわちSN比が劣化する。また、受信側でその低周波成分を検出しなければならないため、少なからずある程度の振幅変調を掛けなければならない、その影響によるアイ開口度の劣化は無視できるものではない。

【0036】更に、以下に詳述するように、伝送路光ファイバ内での非線形効果の一つである、誘導ブリルアン散乱(以下、SBSという)を抑制するため、光送信信号において周波数変調を掛けなければならない、益々アイ開口度が劣化する。

【0037】最近、超高速外部変調器及び高出力エルビウム添加光ファイバ増幅器の開発により、周波数チャージングが少なく、かつ、出力+20dBm以上の送信光源が実現可能になった。このようなコヒーレントで高出力の信号光を光ファイバにより伝送させる場合、SBSが生じる。

【0038】SBSは、光ファイバにおいては入力信号光の伝播方向と反対方向に発生する。この結果、SBSが生じると反射光電力が大きくなり、いかに入力光電力を大きくしてもファイバ出力端に到達する電力はある一定以上増えなくなる。また、反射光の影響により、受信器側で誤り率が顕著に劣化する。

【0039】この現象は、光ファイバへの入力光電力が大きほど顕著に現れ、その現れ始める入力光電力はSBSしきい値と定義される。したがって、信号光電力をSBSしきい値以下に設定しなければならない、入力光電力限界の問題を生じる(参考文献:電子情報通信学会、光通信システム研究会OCS91-49)。

【0040】しかしながら、レーザダイオード(LD)に微少な周波数変調を加えることにより、このSBSしきい値を改善(すなわち高く)することができる。

【0041】例えば、従来の光送信器(電子情報通信学会、光通信システム研究会OCS91-49)では、図10に示すような構成をとっている。

【0042】図10は従来のSBSの抑制方法を説明するための図である。

【0043】図10において、301はLD、302は電流源、303は周波数変調用信号源、304は駆動回路、305は光変調器、306は光増幅器、307は伝送路ファイバである。

【0044】定電流源302によりバイアスされるLD301から出力された光は、外部変調器305に入力され、駆動回路304を介してデータ入力信号により変調される。外部変調器305の出力光信号は、光増幅器306により高出力の光信号に増幅され、伝送路光ファイバ307へ出力される。ここで、周波数変調用信号源303からLD301のバイアス電流に対し微少な電流変調を与える。電流変調を与える手段は、電流源でなくて

も電圧源から直接 LD 301 のバイアス電圧を電圧変調しても同様である。

【0045】図 11 は伝送路ファイバへの入力光を変えた時の、伝送路ファイバからの反射光と伝送路ファイバからの透過後の光電力の変化の実測例を示す図であり、図 10 における周波数変調の変調電流振幅をパラメータとしている。

【0046】図 11 に示すように、上記周波数変調を掛けない場合（図 11 の●参照）は、伝送路ファイバへの入力電力が +6 dBm 以上で発生し始める。このことは逆に言えば、ファイバ入力電力を +17 dBm まで上げようとするには、図 11 の▼に示すように変調電流振幅を 8 mA p p まで増加させなければならない。

【0047】本発明は、多重化された光信号のチャンネル識別を行うときに光送出信号に与える影響を抑えることができ、伝送路光ファイバへの入力電力が高い場合でも、SBS を抑制することができる光伝送システムを提供することを目的とする。

【0048】また、本発明は、光出力波形のアイ開口度を劣化させないように、最適な変調度に自動的に制御できる光伝送システムを提供することを目的とする。

【0049】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光伝送システムは、光源に各光源の波長毎に異なる低周波数信号で周波数変調または位相変調を与える手段を有し、光源の波長が各々異なる複数の光送信器と、複数の光送信器からの光信号を波長多重する手段と、波長多重された光信号を分岐する手段と、分岐された光信号から位相変調成分または周波数変調成分を検出する手段と、位相変調成分または周波数変調成分から低周波信号を検出する手段と、低周波信号検出手段の出力に基づいて各チャンネルの光信号を、所定の出力先に出力する手段とを備えたことを特徴とする。

【0050】本発明に係る光伝送システムは、複数の光信号チャンネルを時分割多重する光時分割多重手段と、各光信号チャンネルを識別するための識別情報として各チャンネルの光信号に各々互いに異なる周波数で位相変調を与える手段と、時分割された光信号から位相変調成分を検出する手段と、位相変調成分から低周波信号を検出する手段と、低周波信号検出手段の出力に基づいて各チャンネルの光信号を、所定の出力先に出力する手段とを備えたことを特徴とする。

【0051】本発明に係る光伝送システムは、波長多重された光信号が伝送路ファイバへ入力される際の光電力が、誘導ブリルアン散乱を生じさせるほど大きい場合、該誘導ブリルアン散乱を生じないように、周波数変調または位相変調の周波数及び変調レベルを最適化したものであってもよい。

【0052】本発明に係る光伝送システムは、伝送路ファイバへの入力光電力と伝送路ファイバからの反射光電

力を各チャンネルの波長毎にモニタする手段と、モニタ手段の出力に基づいて誘導ブリルアン散乱を生じないように、位相変調または周波数変調の周波数及び変調レベルを最適化する制御手段とを備えた構成であってよい。

【0053】

【発明の実施形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

第 1 の実施形態

図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図であり、WDM による光伝送システムに適用した例である。本実施形態の説明にあたり前記図 8 と同一構成部分には同一符号を付している。

【0054】図 1 において、光送信装置 400 は、波長が各々異なる複数の光送信器 410、420、及び複数の光送信器 410、420 からの光信号を波長多重して伝送路ファイバ 40 に送出する光合波器 30 から構成される。

【0055】光送信器 410 は、波長  $\lambda 1$  の光源 411 と、周波数  $f 1$  の低周波数を発生する低周波信号源 412 と、入力されたデータ信号から駆動信号を出力する駆動回路 413 と、光源 411 からの光信号を駆動回路 413 の出力信号により変調する光変調器 414 とから構成される。同様に、光送信器 420 は、波長  $\lambda 2$  の光源 421 と、周波数  $f 2$  の低周波数を発生する低周波信号源 422 と、入力されたデータ信号から駆動信号を出力する駆動回路 423 と、光源 421 からの光信号を駆動回路 423 の出力信号により変調する光変調器 424 とから構成される。

【0056】以下同様に、光送信装置 400 は、各波長毎に異なる周波数で周波数変調される光チャンネルを複数備える。

【0057】光源 411、421 は、レーザダイオード (LD) からなり、そのバイアス電流に対して、低周波信号源 412、422 からの信号を重畳し、光出力信号に対して十分影響しないようなレベルの微少な電流変調をかける。すなわち、光源 411、421 に対し、各光源の波長毎に異なる低周波数で周波数変調を与える構成となっている。波長多重数を増やす場合は、従来例と同様に、各チャンネル毎に異なる周波数の低周波信号で電流変調をかけるようにすればよい。

【0058】ここで、周波数変調は位相変調と同義であり、光源 411、421 に電流変調を与える代わりに、光変調器 414、424 出力に対して、光位相変調器により位相変調をかける構成としてもよい。この光位相変調器は、前記図 8 の光変調器 (強度変調器) 14、24 と同様に、例えば LiNbO<sub>3</sub> 結晶に光導波路を形成したマッハツェンダ型光変調器で実現することができる。

【0059】駆動回路 413、423 は、光変調器 414、424 のドライバ回路であり、入力電気信号から論理が互いに反転した出力信号を光変調器 414、424

の各々の電極に出力する。

【0060】このように、本実施形態は、低周波信号の重畳方法を、従来の振幅変調ではなく周波数変調にしたものである。

【0061】一方、光受信装置500は、伝送された光信号を送信の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、…に分波する光分波器50、分波された各々の波長成分を受光する複数の光受信器510、520、複数の光受信器510、520からの受信信号を電氣的に切り替える電気スイッチ80、及び複数の光受信器510、520からの検出信号を基に電気スイッチ80を制御する制御回路90から構成される。

【0062】光受信器510は、波長 $\lambda 1$ の光信号を透過させる光フィルタ61と、波長 $\lambda 1$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)62と、光フィルタ61からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511と、光周波数弁別器511出力から重畳された低周波数 $f 1$ 成分のみを検出する低周波信号検出部512とから構成される。同様に、光受信器520は、波長 $\lambda 2$ の光信号を透過させる光フィルタ71と、波長 $\lambda 2$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)72と、光フィルタ71からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器521と、光周波数弁別器521出力から重畳された低周波数 $f 2$ 成分のみを検出する低周波信号検出部522とから構成される。

【0063】光受信装置500は、各波長毎に異なる周波数で周波数変調された光信号を分波して、各波長の光信号、及び周波数変調の周波数成分を検出するチャンネルを複数備える。

【0064】このように、受信側では、前記図8のO/E71、72の代わりに光周波数弁別器511、521を用いた構成となっている。

【0065】光周波数弁別器511、521からの電気信号は各々低周波信号検出部512、522に入力され、重畳された低周波成分のみを抽出する。低周波信号検出部512、522は、バンドパスフィルタ等で構成すればよい。

【0066】周波数弁別器511、521は、例えばマッハツェンダ型の干渉計等で構成され、図2に示すような弁別特性を有する。図2に示すように、周波数弁別器511、521は、光周波数に対して出力電圧が変動する特性を有し、その出力電圧のピークから光周波数を弁別することができる。また、このような周波数弁別器を用いる構成に代えて、局発LDを各々の波長毎に用意し、ヘテロダイン検波により検出してもよい。

【0067】制御回路90は、低周波信号検出部512、522からの信号に従い、光受信器(RX)62、72で再生された電気信号を所定の出力先に出力するように電気スイッチ80を制御する。なお、必要に応じて出力先を変更するようにしてもよい。

【0068】以下、上述のように構成されたWDM光伝送システムの動作を説明する。

【0069】光源411に、周波数変調効率の良いLDを用いることにより、微少な電流変調を与えるだけで周波数変調が行うことができる。光源411では、低周波信号源412からの低周波数 $f 1$ によって光出力信号に対して影響を与えないような微少レベルの電流変調がかけられており、この周波数変調がかけられた波長 $\lambda 1$ の光信号は、光変調器414に送出される。

10 【0070】また、駆動回路413は、入力されたデータ信号を増幅して光変調器414に出力する。光変調器414では、光源411からの波長 $\lambda 1$ の光信号を、駆動回路413を介して入力された駆動信号により変調し光合波器30に出力する。

【0071】同様に、光源421では、低周波信号源422からの低周波数 $f 2$ によって光出力信号に対して影響を与えないような微少レベルの電流変調がかけられ、この波長 $\lambda 2$ の光信号は、光変調器424に送出される。駆動回路423は、入力されたデータ信号を増幅して光変調器424に出力する。光変調器424では、光源421からの波長 $\lambda 2$ の光信号を、駆動回路423を介して入力された駆動信号により変調し光合波器30に出力する。

【0072】以後、各波長毎に異なる低周波数で周波数変調された光信号は、光合波器30に輸入され、光合波器30では、これら波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、…の光信号を波長多重して伝送路ファイバ40に送出する。伝送路光ファイバ40へと送出された光信号は、中継器45を介して光受信側に伝送される。

30 【0073】伝送された光信号は、まず光分波器50により分波され、該当する波長の光受信器510、520、…に分波される。光受信器510の光フィルタ61では、波長 $\lambda 1$ の光信号を透過させ、光受信器62により電気信号へと再生される。各チャンネルの光信号に重畳された周波数変調成分は、図2のような弁別特性を有する光周波数弁別器511により検出され、低周波信号検出部512で抽出された後、制御回路90に送出される。

40 【0074】同様に、光受信器520の光フィルタ71では、波長 $\lambda 2$ の光信号を透過させ、光受信器72により電気信号へと再生される。また、各チャンネルの光信号に重畳された周波数変調成分は、光周波数弁別器521により検出され、低周波信号検出部522で抽出された後、制御回路90に送出される。

【0075】以上と同様の機能を各波長の光チャンネル毎に有しており、各波長毎に電気信号を再生するとともに、重畳された低周波信号を検出する。

50 【0076】制御回路90では、低周波信号検出部512、522からの信号に従い、光受信器(RX)62、72で再生された電気信号を所定の出力に出力するよう



に電気スイッチ80を制御する。なお、必要に応じて、出力先を変更してもよい。

【0077】以上説明したように、第1の実施形態に係るWDM光伝送システムは、各光源の波長毎に異なる低周波数信号で周波数変調される波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光源411、421、低周波数 $f 1$ 、 $f 2$ を発生する低周波信号源412、422、データ信号から駆動信号を出力する駆動回路413、423、及び光信号を変調する光変調器414、424からなる複数の光送信器410、421と、光信号を波長多重して伝送路ファイバ40に送出する光合波器30と、伝送された光信号を送信の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、…に分波する光分波器50と、波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ の光信号を透過させる光フィルタ61、71、光信号を受光し電気信号へと再生するRX62、72、光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511、521、及び重畳された低周波数 $f 1$ 、 $f 2$ 成分のみを検出する低周波信号検出部512、522からなる複数の光受信器510、520と、光受信器510、520からの検出信号を基に電気スイッチ80を制御する制御回路90とを備えて構成したので、各光信号チャネルを識別するための識別情報として、光送出信号に周波数変調または位相変調をかけることにより、強度変調をかける場合に比べて光送出信号に与える影響を抑えることが可能となる。

#### 第2の実施形態

図3は本発明の第2の実施形態に係る光伝送システムの構成を示すブロック図であり、OTDM光伝送システムに適用した例である。本実施形態に係る光伝送システムの説明にあたり前記図1及び図9と同一構成部分には同一符号を付している。

【0078】図3において、光送信装置600は、光源11、各チャネルの伝送速度と同じ周波数 $f 0$ の周波数を発生する発振器15、光スイッチ16、波長が各々異なる複数の光送信器610、620、及び複数の光送信器610、620からの光信号をビット多重により波長多重して伝送路ファイバ40に送出する光合波器31から構成される。

【0079】光スイッチ16は、波長 $\lambda 1$ の光源11からの光信号を、各チャネルの伝送速度と同じ周波数 $f 0$ の正弦波またはクロック信号により変調し、1bitの半分のパルス幅を有するパルス列を生成する。

【0080】光送信器610は、周波数 $f 1$ の低周波数を発生する低周波信号源611と、入力されたデータ信号を増幅する駆動回路612と、光スイッチ16からの光信号を駆動回路612の出力信号により強度変調する光変調器613と、光変調器613からの出力信号を低周波信号源611の低周波数 $f 1$ で位相変調する光位相変調器614とから構成される。同様に、光送信器620は、周波数 $f 2$ の低周波数を発生する低周波信号源621と、入力されたデータ信号を増幅する駆動回路62

2と、光スイッチ16からの光信号を駆動回路622の出力信号により強度変調する光変調器623と、光変調器623からの出力信号を低周波信号源621の低周波数 $f 1$ で位相変調する光位相変調器624とから構成される。

【0081】光位相変調器614、624は、前述したように、例えばLiNbO<sub>3</sub>結晶に光導波路を形成した光変調器で実現できる。

【0082】光合波器31は、光位相変調器614、624からの光信号をビット多重し、伝送路ファイバ40に送出する。

【0083】一方、光受信装置700は、伝送された光信号を2分岐する光分岐器51、周波数 $f 0$ のクロック成分を抽出するクロック抽出部52、抽出した周波数 $f 0$ のクロック成分により入力光信号をスイッチングしてビット分離を行う光スイッチ53、ビット分離された各々の波長成分を受光する複数の光受信器710、720、複数の光受信器710、720からの受信信号を電氣的に切り替える電気スイッチ80、及び複数の光受信器710、720からの検出信号を基に電気スイッチ80を制御する制御回路90から構成される。

【0084】光受信器710は、波長 $\lambda 1$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)62と、光スイッチ53からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511と、光周波数弁別器511出力から重畳された低周波数 $f 1$ 成分のみを検出する低周波信号検出部512とから構成される。同様に、光受信器720は、波長 $\lambda 2$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)72と、光スイッチ53からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器521と、光周波数弁別器521出力から重畳された低周波数 $f 2$ 成分のみを検出する低周波信号検出部522とから構成される。

【0085】このように、本実施形態は、前記図9の従来例における低周波信号の重畳方法を振幅変調ではなく位相変調にしたものである。

【0086】光スイッチ16から出力された光パルス信号は、分岐後、光送信器610、620において各々強度変調される。この際、従来例のように振幅変調による低周波信号の重畳は行わず、光送信器610、620出力信号を光位相変調器614、624において各々位相変調される。光位相変調器610、620からの光信号は、上記従来例と同様に、光合波器31によりビット多重され、伝送路92へと送出される。

【0087】一方、受信側では、前記図9のO/E63、73の代わりに光周波数弁別器511、521を用いる。光周波数弁別器511、521からの電気信号は各々低周波信号検出部512、522に入力され、重畳された低周波成分のみを抽出する。

【0088】以下、上述のように構成されたOTDM光伝送システムの動作を説明する。

【0089】発振器15では、各チャネルの伝送速度と同じ周波数 $f_0$ の周波数を発生し、光スイッチ16に供給している。

【0090】波長 $\lambda_1$ の光源11からの光信号は、各チャネルの伝送速度と同じ周波数 $f_0$ の正弦波またはクロック信号により光スイッチ16を介して変調され、1bitの半分のパルス幅を有するパルス列を生成する。光スイッチ16からの光信号は2分岐され、2台の光送信器610、620へと入力される。

【0091】光送信器610において、データ信号は、駆動回路612に入力され、駆動回路612は、入力されたデータ信号を増幅して光変調器613に出力する。光変調器613では、光スイッチ16により分岐された光信号を、駆動回路612を介して入力された駆動信号により変調し光位相変調器614に出力する。

【0092】また、低周波信号源611は、周波数 $f_1$ の低周波数を発生し、光位相変調器614に出力する。光位相変調器614では、光変調器613からの出力信号を低周波信号源611の低周波数 $f_1$ で位相変調する。光位相変調器614には、前述したように、LiNbO<sub>3</sub>結晶に光導波路を形成した光変調器を用いれば、光強度が変動することなく位相変調を行うことができる。光位相変調器614では、低周波信号源611からの低周波数 $f_1$ によって光出力信号に対して影響を与えないような微少レベルの電流変調がかけられており、この周波数変調がかけられた波長 $\lambda_1$ の光信号は、光合波器31に送出される。

【0093】同様に、光送信器620において、データ信号は、駆動回路622に入力され、駆動回路622は、入力されたデータ信号を増幅して光変調器623に出力する。光変調器623では、光スイッチ16により分岐された光信号を、駆動回路622を介して入力された駆動信号により変調し光位相変調器624に出力する。

【0094】また、低周波信号源621は、周波数 $f_2$ の低周波数を発生し、光位相変調器624に出力する。光位相変調器624では、光変調器623からの出力信号を低周波信号源621の低周波数 $f_2$ で位相変調する。光位相変調器624では、低周波信号源621からの低周波数 $f_2$ によって光出力信号に対して影響を与えないような微少レベルの電流変調がかけられており、この周波数変調がかけられた波長 $\lambda_2$ の光信号は、光合波器31に送出される。

【0095】2台の光送信器610、620からの光信号は、光合波器31によりビット多重され、前記図1の場合と同様に伝送路ファイバ40へと送出される。

【0096】伝送路ファイバ40からの光信号は、光分岐器51により2分岐され、一方は光スイッチ53に入力され、他方はクロック抽出部52に入力される。

【0097】クロック抽出部52に入力される光信号に

は、周波数 $f_0$ のクロック成分が含まれているため、まず、クロック抽出部52において入力光信号を光電変換し、中心周波数 $f_0$ のバンドパスフィルタを通すことにより周波数 $f_0$ のクロック成分を抽出する。そして、抽出した周波数 $f_0$ のクロック成分により、光スイッチ53において入力光信号をスイッチングする。これにより、ビット分離が可能となる。

【0098】光スイッチ53からの各光信号は、該当する波長の光受信器710、720、…に出力される。光受信器710では、光スイッチ53からの光信号を、光受信器(RX)62で電気信号に再生するとともに、各チャネルの光信号に重畳された周波数変調成分は、前記図2のような弁別特性を有する光周波数弁別器511により検出され、低周波信号検出部512で抽出された後、制御回路90に送出される。同様に、光受信器720では、光スイッチ53からの光信号を、光受信器(RX)72で電気信号に再生するとともに、各チャネルの光信号に重畳された周波数変調成分は、光周波数弁別器521により検出され、低周波信号検出部522で抽出された後、制御回路90に送出される。

【0099】以上と同様の機能を各波長の光チャネル毎に有しており、各波長毎に電気信号を再生するとともに、重畳された低周波信号を検出する。

【0100】制御回路90では、低周波信号検出部512、522からの信号に従い、光受信器710、720で再生された電気信号を所定の出力先に出力するように電気スイッチ80を制御する。この場合、必要に応じて出力先を変更するようにしてもよい。

【0101】以上説明したように、第2の実施形態に係るOTDM光伝送システムは、低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ を発生する低周波信号源611、621、データ信号を増幅する駆動回路612、622、光信号を強度変調する光変調器613、623、光変調器613、623からの出力信号を低周波信号源611、621の低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ で位相変調する光位相変調器614、624からなる複数の光送信器610、620と、光送信器610、620からの光信号をビット多重により波長多重して伝送路ファイバ40に送出する光合波器31と、伝送された光信号を2分岐する光分岐器51と、周波数 $f_0$ のクロック成分を抽出するクロック抽出部52と、ビット分離を行う光スイッチ53と、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光信号を受光し電気信号へと再生するRX62、72、光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511、521、重畳された低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ 成分のみを検出する低周波信号検出部512、522からなる複数の光受信器710、720と、光受信器510、520からの検出信号を基に電気スイッチ80を制御する制御回路90とを備えて構成したので、各光信号チャネルを識別するための識別情報として、光送出信号に周波数変調または位相変調をかけることにより、強度変調をかける場合に

比べて光送出信号に与える影響を抑えることが可能となる。

### 第3の実施形態

図4は本発明の第3の実施形態に係るWDM光伝送システムの構成を示すブロック図である。本実施形態に係る光伝送システムの説明にあたり前記図1と同一構成部分には同一符号を付している。

【0102】本実施形態は、第1の実施形態に係るWDM光伝送システムにおいて、伝送路光ファイバ40への送出電力を増大したものである。

【0103】図4において、光送信装置800は、波長が各々異なる複数の光送信器810、820、及び複数の光送信器810、820からの光信号を波長多重して光ブースタンプ850を介して伝送路ファイバ40に送出する光合波器30から構成される。

【0104】光送信器810は、波長 $\lambda 1$ の光源411と、周波数 $f 1 s$ の低周波数を発生する低周波信号源811と、入力されたデータ信号から駆動信号を出力する駆動回路413と、光源411からの光信号を駆動回路413の出力信号により変調する光変調器414とから構成される。同様に、光送信器820は、波長 $\lambda 2$ の光源421と、周波数 $f 2 s$ の低周波数を発生する低周波信号源821と、入力されたデータ信号から駆動信号を出力する駆動回路423と、光源421からの光信号を駆動回路423の出力信号により変調する光変調器424とから構成される。

【0105】以下同様に、光送信装置800は、各波長毎に異なる周波数で周波数変調される光チャネルを複数備える。

【0106】低周波信号源811、821は、誘導ブリルアン散乱(SBS)が生じない低周波信号の周波数 $f 1 s$ 、 $f 2 s$ を発生して光源411、421に供給する。

【0107】光源411、421は、レーザダイオード(LD)からなり、そのバイアス電流に対して、低周波信号源811、821からのSBSが生じない低周波数 $f 1 s$ 、 $f 2 s$ の低周波信号を重畳し、光出力信号に対して十分影響しないようなレベルの微少な電流変調をかける。波長多重数を増やす場合は、各チャネル毎に異なる周波数の低周波信号で電流変調をかける。

【0108】また、光合波器30の出力側に光ブースタンプ850を挿入し、光ブースタンプ850により伝送路光ファイバ40への送出電力を増大させる構成とする。

【0109】一方、光受信装置900は、伝送された光信号を送信の波長 $\lambda 1$ 、 $\lambda 2$ 、…に分波する光分波器50、分波された各々の波長成分を受光する複数の光受信器910、920、複数の光受信器910、920からの受信信号を電氣的に切り替える電気スイッチ80、及び複数の光受信器510、520からの検出信号を基に

電気スイッチ80を制御する制御回路90から構成される。

【0110】光受信器910は、波長 $\lambda 1$ の光信号を透過させる光フィルタ61と、波長 $\lambda 1$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)62と、光フィルタ61からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511と、光周波数弁別器511出力から重畳された低周波数 $f 1 s$ 成分のみを検出する低周波信号検出部911とから構成される。同様に、光受信器920は、波長 $\lambda 2$ の光信号を透過させる光フィルタ71と、波長 $\lambda 2$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)72と、光フィルタ71からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器521と、光周波数弁別器521出力から重畳された低周波数 $f 2 s$ 成分のみを検出する低周波信号検出部921とから構成される。

【0111】図1とは、低周波信号検出部911、921が、SBSが生じないように設定された低周波信号の周波数 $f 1 s$ 、 $f 2 s$ を検出するのみが異なる。

【0112】以下、上述のように構成されたWDM光伝送システムの動作を説明する。

【0113】本実施形態は、光合波器30の出力に光ブースタンプ850を挿入し、伝送路光ファイバ40への送出電力を増大させるとともに、重畳する低周波信号の周波数 $f 1 s$ 、 $f 2 s$ に設定することによってSBSの発生を防ぐようにしたものであり、システムの動作自体は、第1の実施形態と同様である。

【0114】一般に、伝送距離を伸ばすには、最近実用化されているEDFAを用いて、光ファイバの伝送損失を補償する。図4では、光ブースタンプ850と中継器45にEDFAを用いると容易に実現できる。また、中継距離を伸ばすためには、光ブースタンプ850と中継器45の光出力電力を増大させ、光SN比の劣化を抑える。

【0115】但しこの場合は、前述したようにSBSを生じ、伝送品質の劣化を招いてしまう。従来例では、光送出信号において、光スペクトル線幅が狭いまま伝送してしまうため、SBSが発生する可能性がある。一方、第1及び第2の実施形態では、周波数変調または位相変調をかけているため、SBSを抑制する効果が期待される。但し、変調周波数が低すぎると、効果が無いことが報告されている(1995年電子情報通信学会総大会、B-1082)。

【0116】そこで、本実施形態では、光ブースタンプ850を挿入するなどして、伝送路光ファイバ40への入力パワーが増大しても、SBSを生じないように、変調周波数 $f 1 s$ 、 $f 2 s$ を設定している。その他の動作については、第1の実施形態と同様である。

【0117】以上説明したように、第3の実施形態に係るWDM光伝送システムは、SBSが生じない低周波信号の周波数 $f 1 s$ 、 $f 2 s$ を発生して光源411、42

1に供給し、光源411、421は、この低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ の低周波信号を重畳し、光出力信号に対して十分影響しないようなレベルの微少な電流変調をかけるように構成したので、第1の実施形態に係るWDM光伝送システムと同様に、強度変調をかける場合に比べて光送出信号に与える影響を抑えることができる効果に加え、周波数変調または位相変調の変調周波数を最適化することにより、伝送路ファイバ40への入力電力が高い場合でも、SBSを抑制することができる。

#### 第4の実施形態

図5は本発明の第4の実施形態に係るOTDM光伝送システムの構成を示すブロック図である。本実施形態に係る光伝送システムの説明にあたり前記図3と同一構成部分には同一符号を付している。

【0118】本実施形態は、第2の実施形態に係るOTDM光伝送システムにおいて、光合波器30の出力に光ブースタンプを挿入して伝送路光ファイバ40への送出電力を増大したものであり、上記第3の実施形態と同様に、重畳する低周波信号の周波数を、SBSが生じないように $f_1$ 、 $f_2$ に設定したものである。

【0119】図5において、光送信装置1000は、光源11、各チャネルの伝送速度と同じ周波数 $f_0$ の周波数を発生する発振器15、光スイッチ16、波長が各々異なる複数の光送信器1010、1020、及び複数の光送信器1010、1020からの光信号をビット多重により波長多重し光ブースタンプ850を介して伝送路ファイバ40に送出する光合波器31から構成される。

【0120】光スイッチ16は、波長 $\lambda_1$ の光源11からの光信号を、各チャネルの伝送速度と同じ周波数 $f_0$ の正弦波またはクロック信号により変調し、1bitの半分のパルス幅を有するパルス列を生成する。

【0121】光送信器1010は、周波数 $f_1$ の低周波数を発生する低周波信号源1011と、入力されたデータ信号を増幅する駆動回路612と、光スイッチ16からの光信号を駆動回路612の出力信号により強度変調する光変調器613と、光変調器613からの出力信号を低周波信号源611の低周波数 $f_1$ で位相変調する光位相変調器614とから構成される。同様に、光送信器1020は、周波数 $f_2$ の低周波数を発生する低周波信号源1021と、入力されたデータ信号を増幅する駆動回路622と、光スイッチ16からの光信号を駆動回路622の出力信号により強度変調する光変調器623と、光変調器623からの出力信号を低周波信号源621の低周波数 $f_1$ で位相変調する光位相変調器624とから構成される。

【0122】以下同様に、光送信装置1000は、各波長毎に異なる周波数で周波数変調される光チャネルを複数備える。

【0123】低周波信号源1011、1021は、SBS

Sが生じない低周波信号の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ を発生して光位相変調器614、624に供給する。

【0124】光位相変調器614、624は、前述したように、例えばLiNbO<sub>3</sub>結晶に光導波路を形成した光変調器で実現できる。

【0125】光合波器31は、光位相変調器614、624からの光信号をビット多重し、伝送路ファイバ40に送出する。

【0126】一方、光受信装置1100は、伝送された光信号を2分岐する光分岐器51、周波数 $f_0$ のクロック成分を抽出するクロック抽出部52、抽出した周波数 $f_0$ のクロック成分により入力光信号をスイッチングしてビット分離を行う光スイッチ53、ビット分離された各々の波長成分を受光する複数の光受信器1110、1120、複数の光受信器1110、1120からの受信信号を電氣的に切り替える電気スイッチ80、及び複数の光受信器1110、1120からの検出信号を基に電気スイッチ80を制御する制御回路90から構成される。

【0127】光受信器1110は、波長 $\lambda_1$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)62と、光スイッチ53からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器511と、光周波数弁別器511出力から重畳された低周波数 $f_1$ 成分のみを検出する低周波信号検出部1111とから構成される。同様に、光受信器1120は、波長 $\lambda_2$ の光信号を受光し電気信号へと再生する光受信器(RX)72と、光スイッチ53からの光信号の光周波数を弁別する光周波数弁別器521と、光周波数弁別器521出力から重畳された低周波数 $f_2$ 成分のみを検出する低周波信号検出部1122とから構成される。

【0128】図3とは、低周波信号検出部1111、1121が、SBSが生じないように設定された低周波信号の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ を検出するのみが異なる。

【0129】以下、上述のように構成されたOTDM光伝送システムの動作を説明する。

【0130】本実施形態は、光合波器30の出力に光ブースタンプ850を挿入し、伝送路光ファイバ40への送出電力を増大させるとともに、重畳する低周波信号の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ に設定することによってSBSの発生を防ぐようにしたものであり、システムの動作自体は、第2の実施形態と同様である。

【0131】以上説明したように、第4の実施形態に係るOTDM光伝送システムは、複数の光送信器1010、1020が、SBSが生じない低周波信号の周波数 $f_1$ 、 $f_2$ を発生する低周波信号源1011、1021と、光変調器613、623からの出力信号を低周波数 $f_1$ 、 $f_2$ で位相変調する光位相変調器614、624とを備えて構成したので、第2の実施形態に係るOTDM光伝送システムと同様に、強度変調をかけ

る場合に比べて光送出信号に与える影響を抑えることができる効果に加え、位相変調の変調周波数を最適化することにより、伝送路ファイバ40への入力電力が高い場合でも、SBSを抑制することができる。

#### 第5の実施形態

図6は本発明の第5の実施形態に係るWDM光伝送システムの構成を示すブロック図である。本実施形態に係る光伝送システムの説明にあたり前記図5と同一構成部分には同一符号を付して重複部分の説明を省略する。

【0132】本実施形態は、第3の実施形態に係るWDM光伝送システムにおいて、伝送路光ファイバ40の入力光電力と伝送路ファイバ40からの反射光電力をモニタし、SBSが生じないように、周波数変調レベルを自動的に制御するようにしたものである。

【0133】図6において、1200は伝送路ファイバ40への入力光電力と伝送路ファイバ40からの反射光電力を各チャンネルの波長毎にモニタするモニタ回路（モニタ手段）であり、モニタ回路1200は、伝送路ファイバ40の光出力を分岐する光カプラ1210、光カプラ1210からの光出力を分岐する光分岐器1211、1212、光分岐器1211の分岐端の波長 $\lambda_1$ の光信号を透過させる光フィルタ1221、光分岐器1211の分岐端の波長 $\lambda_2$ の光信号を透過させる光フィルタ1222、光分岐器1212の分岐端の波長 $\lambda_1$ の光信号を透過させる光フィルタ1223、光分岐器1212の分岐端の波長 $\lambda_2$ の光信号を透過させる光フィルタ1224、及び光入力の比に対応した電気信号を生成し、光入力の比が一定となるように低周波信号源811、821の変調度を制御する変調量制御回路1231、1232から構成される。

【0134】光ブースタアンプ850からの光出力は、光カプラ1210の第1の入力端から入力され、光カプラ1210の第1の出力端からの光出力は伝送路ファイバ40へ出力され、光カプラ1210の第2の出力端からの光出力は光分岐器1211の入力端に入力され、光カプラ1210の第2の入力端からの光出力は光分岐器1212の入力端子へ入力される。

【0135】光分岐器1211の第1の出力端からの光出力は、光フィルタ1221を透過後、変調量制御回路1231の第1の入力端に入力され、光分岐器1211の第2の出力端からの光出力は光フィルタ1222を透過後、変調量制御回路1232の第1の入力端に入力される。また、光分岐器1212の第1の出力端からの光出力は、光フィルタ1223を透過後、変調量制御回路1231の第2の入力端に入力され、光分岐器1212の第2の出力端からの光出力は光フィルタ1224を透過後、変調量制御回路1232の第2の入力端に入力される。

【0136】変調量制御回路1231は、第2の入力端からの光入力と第1の入力端からの光入力の比に対応し

た電気信号を生成し、第2の入力端からの光入力と第1の入力端からの光入力の比が一定となるように低周波信号源811の変調度を制御する。また、変調量制御回路1232は、第2の入力端からの光入力と第1の入力端からの光入力の比に対応した電気信号を生成し、第2の入力端からの光入力と第1の入力端からの光入力の比が一定となるように低周波信号源821の変調度を制御する。

【0137】その他の構成は、第3の実施形態と同様である。

【0138】以下、上述のように構成されたWDM光伝送システムの動作を説明する。

【0139】伝送路ファイバ40からの反射光は、光分岐器1212で2分岐され、光フィルタ1223、1224で各チャンネルの波長成分だけを抽出した後、変調量制御回路1231、1232に入力される。伝送路ファイバ40への入力光は、その一部が光分岐器1211で2分岐され、光フィルタ1221、1222で各チャンネルの波長成分だけを抽出した後、変調量制御回路1231、1232に入力される。

【0140】各変調量制御回路1231、1232では、伝送路ファイバ40からの反射光と伝送路ファイバ40への入力光の比を計算し、計算結果に基づいてSBSが生じることなく、かつ、変調度が大きすぎて光出力波形のアイ開口が劣化することがないような最適な周波数変調量を与えるように、各低周波信号源811、821の出力振幅を自動制御する。

【0141】それ以降の動作については、第3の実施形態と同様である。

【0142】以上説明したように、第5の実施形態に係るWDM光伝送システムは、伝送路ファイバ40への入力光電力と伝送路ファイバ40からの反射光電力を各チャンネルの波長毎にモニタするモニタ回路1200と、光入力の比に対応した電気信号を生成し、光入力の比が一定となるように低周波信号源811、821の変調度を制御する変調量制御回路1231、1232とを備えて構成したので、第3の実施形態の効果に加えて、さらに光出力波形のアイ開口度を劣化させないように、最適な変調度に自動的に制御することが可能になる。

#### 第6の実施形態

図7は本発明の第6の実施形態に係るOTDM光伝送システムの構成を示すブロック図である。本実施形態に係る光伝送システムの説明にあたり前記図5と同一構成部分には同一符号を付して重複部分の説明を省略する。

【0143】本実施形態は、第4の実施形態に係るOTDM光伝送システムにおいて、上記第5の実施形態と同様に、伝送路光ファイバ40の入力光電力と伝送路ファイバ40からの反射光電力をモニタし、SBSが生じないように、周波数変調レベルを自動的に制御するようにしたものである。

【0144】図7において、1300は伝送路ファイバ40への入力光電力と伝送路ファイバ40からの反射光電力を各チャンネルの波長毎にモニタするモニタ回路であり、モニタ回路1300は、伝送路ファイバ40の光出力を分岐する光カプラ1210、及び光カプラ1210からの光出力が光入力され、光入力の比に対応した電気信号を生成し、光入力の比が一定となるように低周波信号源1011、1021の変調度を制御する変調量制御回路1310から構成される。

【0145】光ブースタアンプ850からの光出力は、光カプラ1210の第1の入力端から入力され、光カプラ1210の第1の出力端からの光出力は伝送路ファイバ40へ出力され、光カプラ1210の第2の出力端からの光出力は変調量制御回路1310の第1の入力端に入力され、光カプラ1210の第2の入力端からの光出力は変調量制御回路1310の第2の入力端子へ入力される。

【0146】変調量制御回路1310は、第2の入力端からの光入力と第1の入力端からの光入力の比に対応した電気信号を生成し、第2の入力端からの光入力と第1の入力端からの光入力の比が一定となるように低周波信号源1011、1021の変調度を制御する。

【0147】その他の構成は、第4の実施形態と同様である。

【0148】以下、上述のように構成されたOTDM光伝送システムの動作を説明する。

【0149】伝送路ファイバ40からの反射光と伝送路ファイバ40への入力光は、変調量制御回路1310に入力される。

【0150】変調量制御回路1310では、伝送路ファイバ40からの反射光と伝送路ファイバ40への入力光の比を計算し、計算結果に基づいてSBSが生じることなく、かつ、変調度が大きすぎて光出力波形のアイ開口が劣化することがないような最適な周波数変調量を与えるように、各低周波信号源1011、1021の出力振幅を自動制御する。

【0151】それ以降の動作については、第4の実施形態と同様である。

【0152】以上説明したように、第6の実施形態に係るOTDM光伝送システムは、伝送路ファイバ40への入力光電力と伝送路ファイバ40からの反射光電力を各チャンネルの波長毎にモニタするモニタ回路1300と、光入力の比に対応した電気信号を生成し、光入力の比が一定となるように低周波信号源1011、1021の変調度を制御する変調量制御回路1310とを備えて構成したので、第4の実施形態の効果に加えて、さらに光出力波形のアイ開口度を劣化させないように、最適な変調度に自動的に制御することが可能になる。

【0153】したがって、このような優れた特長を有する光伝送システムを、例えば光加入者ネットワークシ

テムに適用すれば、この装置においてシステムマージンの増大を図ることができ、特に、通信容量の増加に伴う多重化された光信号のチャンネル識別が必要な装置に適用して好適である。

【0154】なお、上記各実施形態に係る光送信器を、上述したような基幹伝送システムや光加入者ネットワークシステム等に適用することもできるが、勿論これには限定されず、光信号を伝送するシステムを備えたものであれば全ての装置に適用可能である。

【0155】また、上記低周波発振器、光変調器、光中継器及びシステムを構成する光カプラ、フィルタ、WDM、各種検出部等の種類、数、接続方法、各装置におけるパラメータの種類、さらには制御方法などは前述した各実施形態に限られない。

【0156】

【発明の効果】請求項1記載の光伝送システムによれば、光源に各光源の波長毎に異なる低周波数信号で周波数変調または位相変調を与える手段を有し、光源の波長が各々異なる複数の光送信器と、複数の光送信器からの光信号を波長多重する手段と、波長多重された光信号を分岐する手段と、分岐された光信号から位相変調成分または周波数変調成分を検出する手段と、位相変調成分または周波数変調成分から低周波信号を検出する手段と、低周波信号検出手段の出力に基づいて各チャンネルの光信号を、所定の出力先に出力する手段とを備えて構成したので、強度変調をかける場合に比べて、多重化された光信号のチャンネル識別を行うときに光送出信号に与える影響を抑えることが可能なWDM光伝送システムが実現できる。

【0157】請求項2記載の光伝送システムによれば、複数の光信号チャンネルを時分割多重する光時分割多重手段と、各光信号チャンネルを識別するための識別情報として各チャンネルの光信号に各々互いに異なる周波数で位相変調を与える手段と、時分割された光信号から位相変調成分を検出する手段と、位相変調成分から低周波信号を検出する手段と、低周波信号検出手段の出力に基づいて各チャンネルの光信号を、所定の出力先に出力する手段とを備えて構成したので、強度変調をかける場合に比べて、多重化された光信号のチャンネル識別を行うときに光送出信号に与える影響を抑えることが可能なOTDM光伝送システムが実現できる。

【0158】請求項3記載の光伝送システムによれば、波長多重された光信号が伝送路ファイバへ入力される際の光電力が、SBSを生じさせるほど大きい場合、SBSを生じないように、周波数変調または位相変調の周波数及び変調レベルを最適化するようにしたので、伝送路光ファイバへの入力電力が高い場合でも、SBSを抑制することができる。

【0159】請求項4記載の光伝送システムによれば、伝送路ファイバへの入力光電力と伝送路ファイバからの

反射光電力を各チャネルの波長毎にモニタする手段と、モニタ手段の出力に基づいて誘導ブリルアン散乱を生じないように、位相変調または周波数変調の周波数及び変調レベルを最適化する制御手段とを備えて構成したので、光出力波形のアイ開口度を劣化させないように、最適な変調度に自動的に制御できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した第1の実施形態に係る光伝送システムの構成を示す図である。

【図2】上記光伝送システムの周波数弁別器の弁別特性を示す図である。

【図3】本発明を適用した第2の実施形態に係る光伝送システムの構成を示す図である。

【図4】本発明を適用した第3の実施形態に係る光伝送システムの構成を示す図である。

【図5】本発明を適用した第4の実施形態に係る光伝送システムの構成を示す図である。

【図6】本発明を適用した第5の実施形態に係る光伝送システムの構成を示す図である。

【図7】本発明を適用した第6の実施形態に係る光伝送システムの構成を示す図である。

【図8】従来のWDM光伝送システムの構成を示す図である。

【図9】従来のOTDM光伝送システムの構成を示す図である。

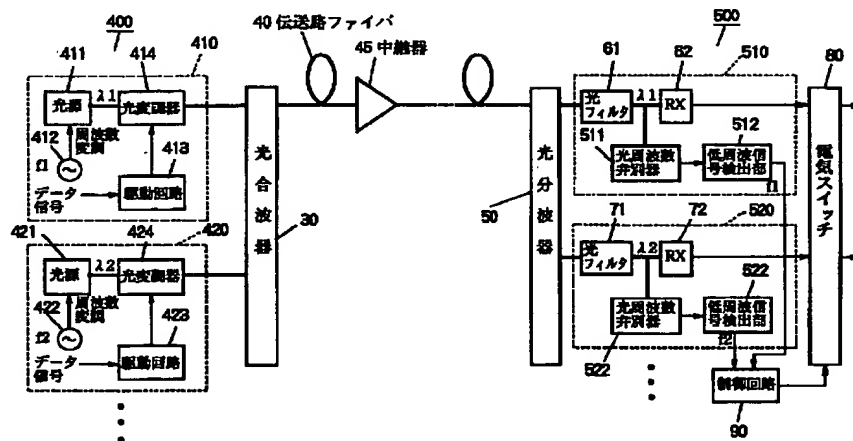
【図10】従来のSBSの抑制方法を説明するための図である。

【図11】従来のSBSの抑制方法を説明するための特性図である。

【符号の説明】

11, 411, 421 光源、16, 53 光スイッチ、30, 31 光合波器、40 伝送路ファイバ、50 光分波器、51, 1211, 1212 光分岐器、52 クロック抽出部、61, 71, 1221, 1222, 1123, 1124 光フィルタ、62, 72 光受信器(RX)、80 電気スイッチ、90 制御回路、400, 600, 800, 1000 光送信装置、410, 420, 610, 620, 810, 820, 1010, 1020 光送信器、412, 422, 611, 621, 1011, 1021 低周波信号源、413, 423, 612, 622 駆動回路、414, 424 613, 623 光変調器、500, 700, 900, 1100 光受信装置、510, 520, 710, 720, 910, 920, 1110, 1121 光受信器、511, 521 光周波数弁別器、512, 522, 911, 921 低周波信号検出部、850 光プースタンプ、1200 モニタ回路(モニタ手段)、1210 光カプラ、1231, 1232, 1310 変動量制御回路

【図1】

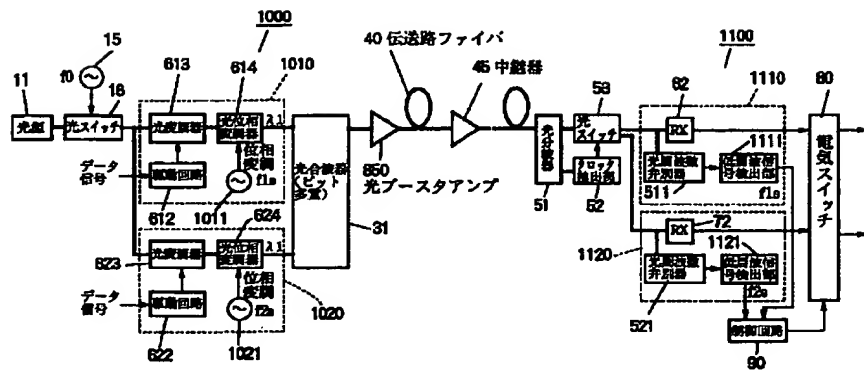


第1の実施形態のWDM光伝送システムの構成図



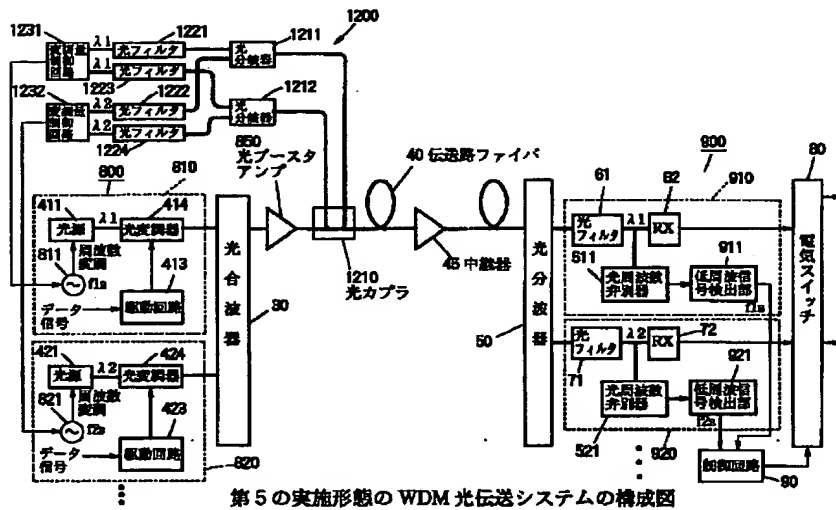


【図5】



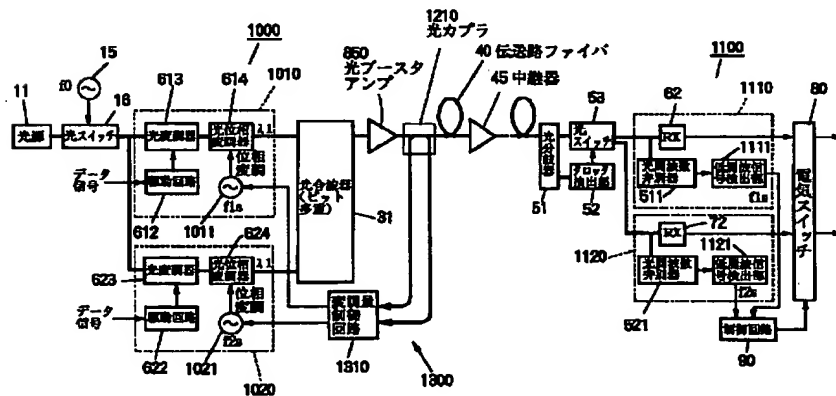
第4の実施形態のOTDM光伝送システムの構成図

【図6】



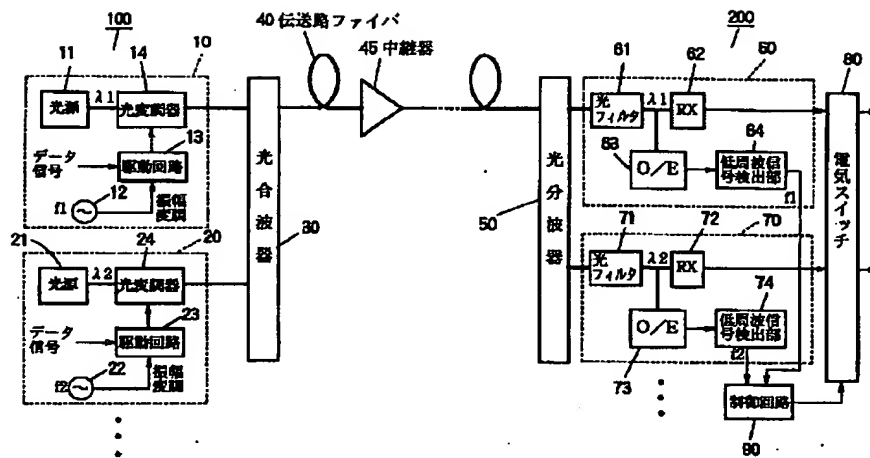
第5の実施形態のWDM光伝送システムの構成図

【図7】



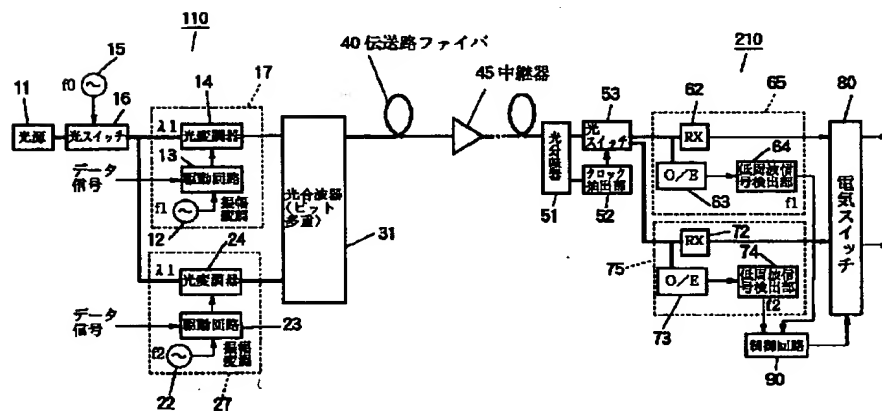
第6の実施形態のOTDM光伝送システムの構成図

【図8】



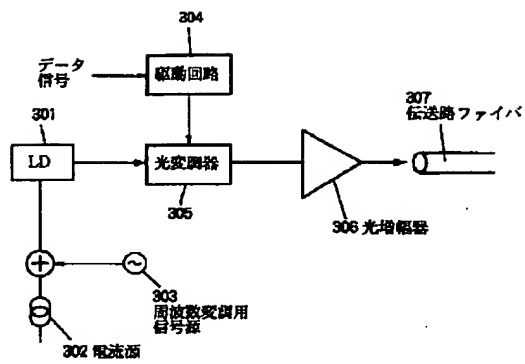
従来のWDM光伝送システムの構成図

【図9】



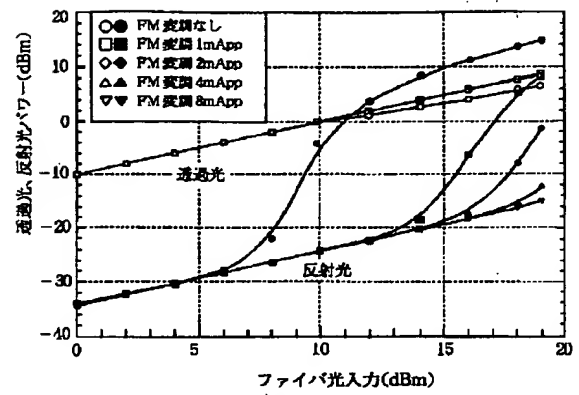
従来のOTDM光伝送システムの構成図

【図10】



従来の誘導ブリルアン散乱の抑制方法を説明するための図

【図11】



従来の誘導ブリルアン散乱の抑制方法を説明するための図